

## [2.1] Il controllo automatico

All'interno di un processo esistono variabili che debbono essere controllate affinché il sistema funzioni correttamente e non si porti in situazioni sfavorevoli, infatti può accadere che ad una piccola sollecitazione in ingresso l'uscita si porti ad un valore indeterminato, oppure vada in saturazione ovvero l'uscita si stabilizza al valore più alto possibile rendendo indecifrabile il segnale e quindi si ha una totale perdita dell'informazione trasmessa.

Affinché il sistema sia stabile o asintoticamente stabile esso deve possedere alcune caratteristiche particolari. Un sistema instabile ha sempre uscita indefinita qualsiasi sia l'ingresso ad esso applicato.

Un controllo si dice **automatico** quando l'azione dei dispositivi di controllo è indipendente dall'intervento dell'uomo.

Un sistema è controllato quando manipolando la variabile d'ingresso si fa assumere alla variabile d'uscita valori determinati; la variabile d'uscita  $y(t)$  costituisce il **segnale controllato o risposta**. La manipolazione della variabile d'ingresso è condotta dal **controllore**, all'ingresso del quale è applicato un segnale  $x(t)$  proveniente dall'esterno, detto **segnale di riferimento**; il segnale d'uscita del controllore  $u(t)$  applicato al sistema controllato è detto **segnale d'attuazione**.(fig.1)

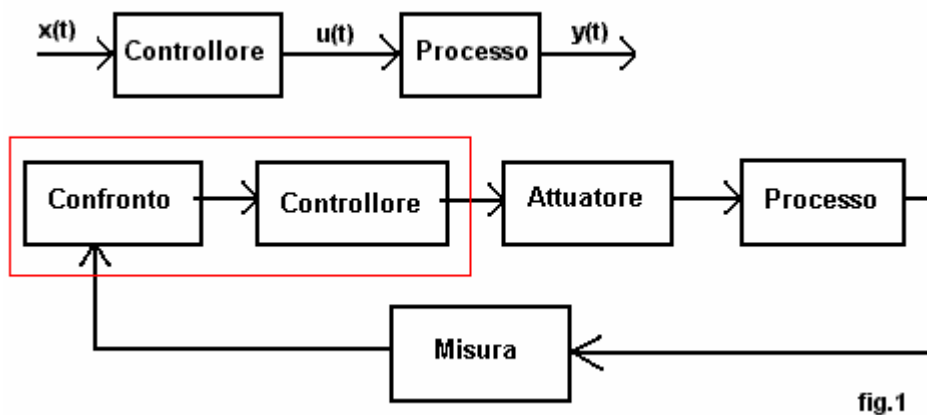


fig.1

Nel caso di controllo reazionato, il sistema è formato da un organo di confronto che genera il segnale  $e(t)$  di errore, da un organo di controllo, da un attuatore, da un organo di misura ed infine dal processo da controllare vero e proprio. Il sotto-blocco "confronto-controllo" oggi è assorbito dal computer. (fig.1)

## [2.2] Tipologia di sistema di controllo.

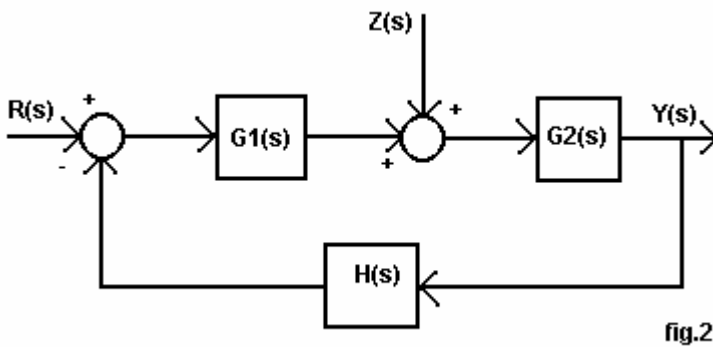
Esistono diversi tipi di sistemi di controllo, ma i più usati sono quattro e sono:

1. **Controllo feed-back o in retroazione.**
2. **Controllo feed-forward o in avanti** (ovvero azione diretta).
3. **Controllo misto** (controllo in avanti e controllo in retroazione contemporaneamente).
4. **Controllo con reazione tachimetrica.**

### [2.2.1] Controllo feed-back o in retroazione.

In questo tipo di controllo il sistema compie il confronto tra il segnale di ingresso e il segnale di uscita opportunamente modificato. Questo segnale che sorge dal confronto è quello che viene

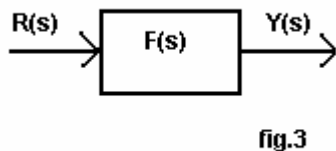
definito **errore e(t)** il quale, appunto, ha la peculiarità di fornire una verifica dell'andamento dell'uscita rispetto all'ingresso.



Un controllo in retroazione offre diversi vantaggi rispetto ad un controllo a ciclo aperto. In primo luogo questo offre una migliore risposta all'effetto dei disturbi, in quanto riesce a ridurli; inoltre questo tipo di controllo offre una riduzione degli effetti delle variazioni dei parametri ed infine rende più lineare il sistema.

I sistemi di controllo analogici a retroazione si dividono in due grosse categorie: **sistemi di regolazione** e **sistemi di asservimento** (o servomeccanismo o tracking). In un sistema di regolazione l'ingresso  $r(t)$  è costante, mentre nel sistema di asservimento  $r(t)$  è variabile. Un sistema di regolazione viene utilizzato per esempio per il controllo della temperatura di un forno mentre un sistema di asservimento viene utilizzato per controllare un cannone o un servosterzo. Il sistema di regolazione deve azzerare l'effetto del disturbo per tempi infiniti, mentre un sistema di asservimento deve rispettare anche una seconda condizione (oltre all'annullamento del disturbo) ovvero che il segnale in uscita sia sempre fedele al segnale di ingresso.(fig.2)

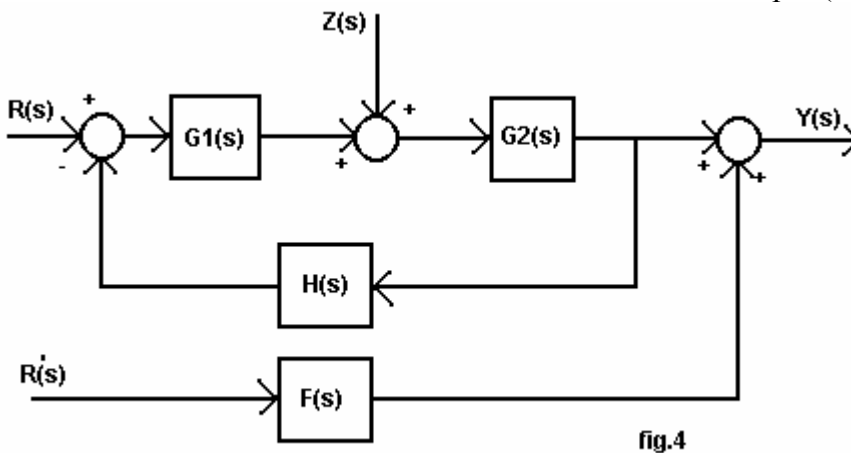
**[2.2.2] Controllo feed-forward o in avanti.**



La più semplice forma di controllo. Il segnale di controllo  $u(t)$  viene generato dal controllore e questo giunge al processo ma non viene verificata in nessun modo l'errore.(fig.3)

**[2.2.3] Controllo misto.**

Sistema avente le caratteristiche di entrambi i sistemi visti sopra.(fig.4)



**[2.2.4] Controllo con reazione tachimetrica.**

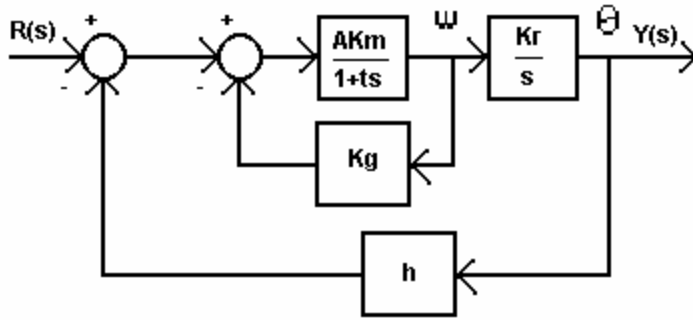


fig.5

Questo è il caso in cui la correzione non si effettua sul ramo diretto, bensì sul ramo di retroazione. Questo viene utilizzato solo se esiste un segnale di correzione derivativo generato da un opportuno trasduttore proporzionale alla derivata della variabile controllata, un esempio possibile è quello in cui si vuole controllare velocità ( $\omega = d\theta/dt$ ) e posizione di un corpo ( $\theta$ ): queste due variabili sono legate in modo lineare dalla derivata. (Fig.5).

- A = guadagno dell'amplificatore
- Km = costante del motore
- $\tau$  = costante di tempo del motore
- Kr = costante del riduttore
- Kg = costante del generatore
- h = costante del potenziometro

La retroazione tachimetrica ha l'effetto di diminuire la costante del motore e la costante di tempo del motore, ciò si evince semplicemente svolgendo il blocco in retroazione:

$$\frac{\frac{AKm}{1 + \tau s}}{1 + \frac{AKmKg}{1 + \tau s}} = \frac{AKm}{1 + \tau s + AKmKg} = \frac{AKm}{\tau s + (1 + AKmKg)} = \frac{\frac{AKm}{1 + AKmKg}}{1 + \frac{\tau s}{(1 + AKmKg)}}$$

Altresi è possibile studiare il sistema sfruttando l'algebra dei blocchi per arrivare ad un sistema come quello di fig.6

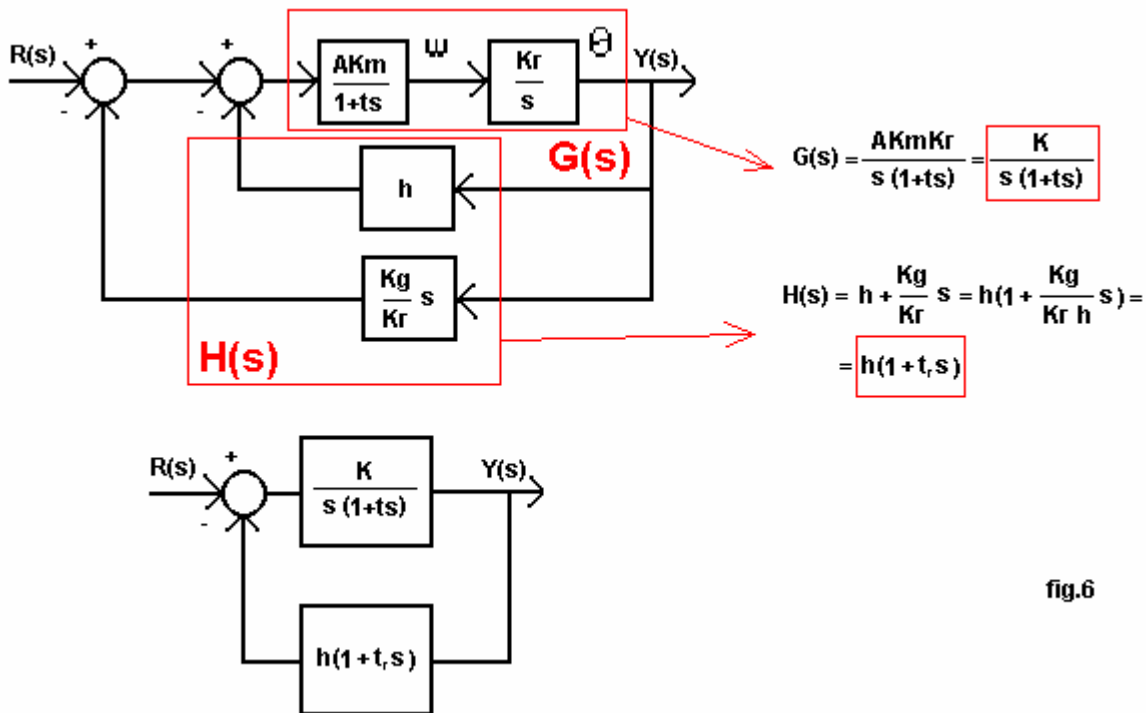


fig.6

In primis si noti che il blocco H(s) è un blocco che compie una correzione di tipo derivativo.

L'introduzione della retroazione tachimetrica porta, a parità di costante  $K_g$ , ad un aumento di  $\omega_n$  e  $\xi$ , ciò significa che un sistema siffatto ha una maggiore prontezza di risposta ed una migliore stabilità.

### [2.3] Sensibilità alle variazioni dei parametri.

La sensibilità alle variazioni dei parametri è la derivata logaritmica della funzione di trasferimento  $W(s, \alpha)$  rispetto ad un parametro  $\alpha$ , dove questo parametro può essere anche il guadagno  $G$  del ramo diretto. Il simbolo della sensibilità è una  $S$  maiuscola simile al simbolo d'integrale, ma con significato completamente diverso. La definizione operativa della sensibilità alle variazioni è:

$$\int_{\alpha}^W = \frac{\frac{\partial W}{W}}{\frac{\partial \alpha}{\alpha}} = \frac{\alpha}{W} \frac{\partial W}{\partial \alpha}$$

#### [E.2.1] Esempio di calcolo della sensibilità alle variazioni dei parametri.

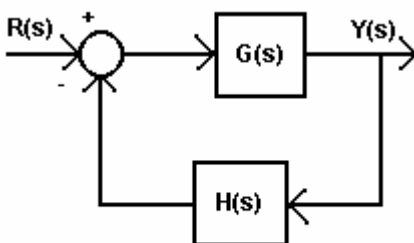


fig.E3.1

Per il sistema reazionato in fig.E3.1 calcolare la sensibilità alle variazioni dei parametri  $G$  e  $H$  guadagno del ramo diretto e guadagno del ramo di reazione rispettivamente.

Poiché il sistema è reazionato negativamente la f.d.t. è del tipo  $W(s) = \frac{G(s)}{1 + H(s)G(s)}$  (vedi cap.1). Il calcolo della

sensibilità è banale e consta di una semplice derivata, dove la variabile di derivazione è  $\partial \alpha$ .

$$\int_{\alpha}^W = \frac{\alpha}{W} \frac{\partial W}{\partial \alpha} \rightarrow \int_G^W = \frac{G}{W} \frac{\partial W}{\partial G} = \frac{G}{1 + HG} \left( \frac{1 + HG - HG}{(1 + HG)^2} \right) = \frac{1}{1 + HG}$$

$$\int_{\alpha}^W = \frac{\alpha}{W} \frac{\partial W}{\partial \alpha} \rightarrow \int_H^W = \frac{H}{W} \frac{\partial W}{\partial H} = \frac{H}{G} \left( \frac{-G^2}{(1 + HG)^2} \right) = \frac{-HG}{1 + HG}$$